

平成 26 年 度（前期）

個別学力検査等試験問題

化 学 I・II（90 分）

看護栄養学部栄養健康学科

注 意 事 項

1. 試験開始の合図があるまで、この問題冊子の中を見てはいけません。
2. この問題冊子の最終ページは、10ページです。
試験中に問題冊子の印刷不鮮明、ページの落丁・乱丁及び解答用紙の汚れ等に気付いた場合は、手を挙げて監督者に知らせてください。
3. 解答用紙は、4枚あります。
解答用紙には受験番号の記入欄があるので、監督者の指示に従って、解答用紙すべてに受験番号を正しく記入してください。
4. 解答は、問題ごとに、解答用紙の所定の欄に記入してください。
5. 問題冊子には、白紙が入っていますので、下書きに利用してください。
6. 問題冊子は持ち帰ってください。

[注意] 計算に必要な場合は次の値を用いなさい。

原子量：H=1 C=12 N=14 O=16 S=32 Cl=35.5 Sn=119

第1問 水分子に関する [1]～[3] の文章を読んで、以下の問い (問1～問13) に答えなさい。

[1] 分子の構造

1770年にイギリスの科学者キャベンディッシュは、水が水素と酸素の化合物であることを示し、1804年にもう一人のイギリスの科学者ドルトンは、自ら任意に決めた原子の記号を用いて、水の分子に図1 A に示したような構造をあてはめた。1860年までにはほとんどの化学者たちは水の分子式として H_2O を受け入れ、その後、原子間の共有結合を線で示した構造式 $H-O-H$ が使用されるようになった (図1 B)。

1916年、アメリカの化学者ルイスによって、一部の電子①をドットで示した図1 C のような電子式が提案された。さらに、1930年までには水蒸気の吸収スペクトルの分析により結合角が 104.5° で、結合距離 (酸素原子の原子核と水素原子の原子核の間の距離) は 0.096 nm (ナノメートル、または $9.6 \times 10^{-11}\text{ m}$) であることが示された (図1 D)。

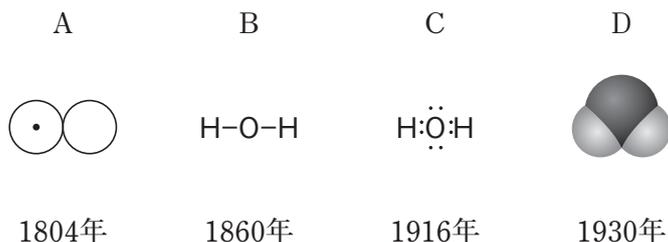


図1 水分子表記の歴史

問1 ドルトンの水分子の表記 (図1 A) は誤っていた。ドルトンの原子記号を用いて正しい水分子とアンモニア分子を表記しなさい。

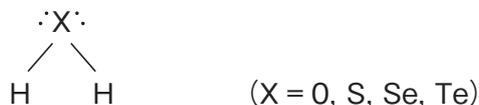


問2 下線部①のように、電子式では分子を構成する電子のうち、原子間の結合に重要なはたらきを示す電子をドットで示すが、このような電子を何というか、答えなさい。

問3 図1 D のような水の構造模型は、次のうちどれに分類されるか選び、答えなさい。
(三角すい形, 折れ線形, 正四面体形, ボール形, ヘッドホーン形)

[2] 分子の形

水 H_2O 、硫化水素 H_2S 、セレン化水素 H_2Se 、テルル化水素 H_2Te の分子の構造をそれぞれ図2に示した。これらの分子は、次のように一般化して表現できる。



中央の原子 X と2つの水素原子 H のつくる結合角は、図2に示したように H_2Te の場合 90° となり H_2Se や H_2S でもほぼ同じで、それぞれ 91° や 92.1° となっている。ところが、 H_2O の結合角は 104.5° とこれらに比べて大きな値になっている。なぜだろうか？ H_2Te 分子の水素-水素原子核間の距離は A nm で、水素分子同士がファンデルワールス力で結合したときに接触している水素原子の原子核間距離（いわゆる水素原子のファンデルワールス半径の2倍）である B nm よりも大きい。ところが、水分子上の水素原子核間の距離 C nm は、水素原子のファンデルワールス半径の2倍よりはるかに小さい。

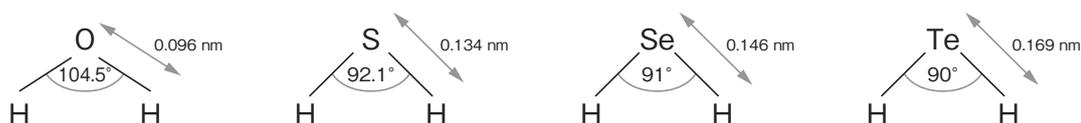


図2 水、硫化水素、セレン化水素、テルル化水素の分子構造モデル
(ただし、各分子間の相対的な大きさは無視して表記している)

問4 下線部②の X で示される4つの元素の周期表での総称名を答えなさい。

問5 空欄 A 、 B 、 C に入る適切な数値を次の選択肢から選び、答えなさい。

(0.074, 0.153, 0.230, 0.236)

問6 一般に構造が類似した分子では、分子量が大きくなるにしたがって下線部③のファンデルワールス力は、どのように変化するか答えなさい。

問7 下線部④の記述内容から、水分子の結合角が 90° より大きい 104.5° になる理由を答えなさい。

[3] 分子間の結合

どんな分子でも分子間には弱い引力、ファンデルワールス力が働く。そのため、低温になると希ガスも液体となる。希ガスのように構造が類似した分子では、 Kr 、 Ar 、 Ne 、 He の順に沸点が低くなる(図3：●---●)。[2] で述べたように構造の類似した H_2Te 、 H_2Se 、 H_2S の沸点も、この順にしたがって規則正しく減少している。この系列がもしも希ガスの値でみられるのと同様に推移していくものとする、構造の類似した H_2O の沸点はおよそ -80°C という値をとるものと予想さ

れるが、実際の値はこれよりもずっと高い。これは H_2O 分子間の $\boxed{\text{D}}$ の形成に基づくものであって、 $\boxed{\text{D}}$ がこの物質の沸点を絶対温度で2倍近くも高める程、異常な作用を示しているのである。

アンモニアやフッ化水素の沸点もそれぞれの関連化合物の系列から求められる値よりもかなり高いところにあるが、この場合の変化の程度は水の場合に比べるといくらか小さくなる。アンモニアでは水のような沸点の大幅な増加が起こらない原因として、1つは窒素原子が酸素原子と比べて $\boxed{\text{E}}$ が小さいことがあり、いま1つはアンモニア分子には $\boxed{\text{F}}$ が1組しかないことがある。すなわち、アンモニア1分子が他のアンモニア分子の N-H と $\boxed{\text{D}}$ をつくるにあたって、それらの $\boxed{\text{D}}$ において水素原子核に対する引力のもととなる $\boxed{\text{F}}$ の数がわずか1つしかないということである。一方、フッ化水素は水に比べて半分の数しか $\boxed{\text{D}}$ をつくらない。したがって、そのフッ化水素分子間の結合は水分子間の結合よりも強いにもかかわらず、フッ化水素で観察される沸点が^⑦高くなる割合は水の場合よりも小さくなっている。^⑧

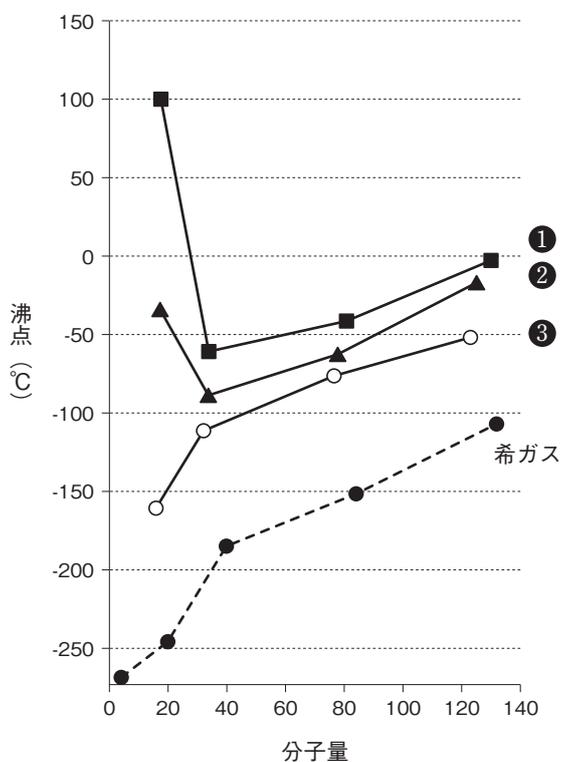


図3 各種化合物の分子量と沸点

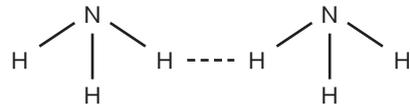
問8 下線部⑤のようになる理由を答えなさい。

問9 下線部⑥は、図3にある①～③の曲線のうちどれを示しているか、番号を答えなさい。

問10 空欄 、、に入る適切な語句を答えなさい。

問11 下線部⑦に記したフッ化水素分子間の結合が水分子間の結合より強い理由を答えなさい。

問12 フッ化水素1分子に結合するすべてのフッ化水素と、水1分子に結合するすべての水分子の様子をそれぞれ図示しなさい。なお、その際、下の例に示したように、分子は構造模型を考慮した構造式で、分子間の結合は破線で示しなさい。



(例：実際に、このような分子間の結合が存在するわけではない)

問13 下線部⑧のようになる理由を、分子の形や分子間の結合の観点から答えなさい。

第2問 気体の化学平衡に関する次の文章を読んで、以下の問い（問1～問7）に答えなさい。

2種類の気体（水素（ a mol）とヨウ素（ b mol））を密閉容器（体積： V L）に入れて一定温度（ T °C）に保つと、水素とヨウ素の濃度は時間の経過とともに減少し、それに伴ってヨウ化水素の濃度が増加し化学平衡の状態になる。この状態で密閉容器内にヨウ化水素が c mol ある場合、反応の平衡定数 K は、 となる。

水素とヨウ素（気体）からヨウ化水素が生成する反応は、[ア] の法則の考え方に基づいて、下の表の結合エネルギーの値から次の熱化学方程式で表される。



したがって、ヨウ化水素が生成する化学反応は [イ] 反応である。一般に、化学平衡の状態は、反応条件が変化すると一時的に崩れるが、すぐに新しい平衡状態になる。条件の変化と化学平衡の状態の関係は、[ウ] の原理によって説明される。

表：原子間の結合エネルギー（kJ/mol）

H - H	436
H - I	299
I - I	151

問1 下線部(A)の化学平衡の状態とはどのような状態か、「ヨウ化水素」という用語を用いて簡単に説明しなさい。

問2 に入る平衡定数 K を a , b , c を使って表しなさい。

問3 上の表「原子間の結合エネルギー」の数値を参考にして、に入る熱化学方程式を答えなさい。

問4 [ア] ~ [ウ] に入る適切な語句を答えなさい。

問5 温度 T °Cにおける平衡定数が $K = 9$ であるとき、水素 1 mol およびヨウ素 1 mol の混合気体から開始した反応が平衡状態に達した際にヨウ化水素は何 mol あることになるか、有効数字 2 桁で答えなさい。解答欄には数値のみ記入しなさい。

問6 問5の反応条件で、反応開始時から平衡に達するまでの水素の mol 数の変化を点線で、ヨウ化水素の mol 数の変化を実線で解答欄の図中に記入しなさい。その際、平衡状態における水素およびヨウ化水素の mol 数、反応の途中で水素とヨウ化水素の mol 数が等しくなるときの mol 数も図中に明記しなさい。なお、実線と点線は途中の変化の傾向がわかればよい。

問7 下線部(B)に関連し、問5の反応を、次の i)～vi) の各条件で行った場合、平衡状態におけるヨウ化水素の mol 数は問5の反応条件のときのヨウ化水素の mol 数に比どのようになるか、増加する場合は +印、減少する場合は -印、変わらない場合は ○印、いずれともいえない場合は ×印を解答欄に記入しなさい。なお、i)～vi) の問題文に記載のない条件はすべて問5と同一であるものとする。

- i) $T^{\circ}\text{C}$ よりも高い温度で平衡状態に達したとき。
- ii) 白金（触媒）を添加して反応を開始したとき。
- iii) 反応開始時の混合気体（水素およびヨウ素）の総量は 2 mol であるが、水素とヨウ素の mol 比が 1 : 1 でないとき。
- iv) 反応開始時の混合気体の mol 比は 1 : 1（水素とヨウ素）であるが、mol 数の総和が 1 mol ~ 4 mol の範囲であるとき。
- v) 水素 1 mol およびヨウ素 1 mol に、ヘリウムを 1 mol ~ 4 mol の範囲で加えた混合気体で反応を開始したとき。
- vi) 水素 1 mol およびヨウ素 2 mol に、ヨウ化水素を 1 mol ~ 4 mol の範囲で加えた混合気体で反応を開始したとき。

第3問 巨大分子あるいは高分子化合物に関する [1], [2] の文章を読んで、以下の問い (問1～問8) に答えなさい。

[1] ケイ酸

(ア) は金属を除く無機物を高温で焼き固めることにより作られる固体材料で、ガラスや陶磁器として古くから利用されている。(ア) の主な原料はケイ酸塩である。ケイ素の単体は天然には存在しないため、(A) と炭素(ア) (コークス) とを混合・加熱して生成される。ケイ素単体の結晶は、半導体や太陽電池などに用いられる。(A) を高温で融解後、急激に冷却すると(イ) が生成し、これを繊維状にすると(ウ) になる。

(A) は乾燥剤(シリカゲル)の原料としても用いられる。シリカゲルを作るには、まず(A) と炭酸ナトリウムを混合し高温融解して(B) を生成する。これに水を加えて熱すると(エ) と称される液体ができる。(エ) に(オ) を作用させるとゼリー状で半透明の物質が得られ、これを乾燥するとシリカゲルとなる。

問1 (ア)～(オ)に入る適切な語句を答えなさい。

問2 (A) および(B)に入る化合物の化学式を答えなさい。

問3 ケイ酸の結晶(立体構造)と類似の構造を持つ物質を次の物質から1つ選び、答えなさい。
(a) (ダイヤモンド, 黒鉛, 食塩, 白金, アルミニウム, 塩化カルシウム, ヨウ素)

問4 下線部(b)の化学反応式を答えなさい。

[2] 天然ゴム

天然ゴム(生ゴム)の主成分は化学式 $(C_5H_8)_n$ で表され、ジエン化合物が付加重合した鎖状構造をもつ高分子化合物である。これに数%の硫黄を加えて加熱すると、鎖状の分子が硫黄原子によって(カ)構造を形成するため、弾性の高いゴム(弾性ゴム)となる。

代表的な合成ゴムであるブタジエンゴムは、1,3-ブタジエンの付加重合により生成される。1,3-ブタジエンの2個の二重結合がともに重合反応に関わるとき、構成単位の構造には(C)と(D)の幾何異性体が存在し、このうち(C)の構造がゴムの弾性に有効である。1,3-ブタジエンの1個の二重結合のみが重合反応に関わると、(E)を構成単位とする構造となる。

問5 下線部(c)に最も適する構造式を答えなさい。

問6 下線部(d)の操作を何というか, 答えなさい。

問7 (カ)に入る適切な語句を答えなさい。

問8 (C)～(E)に入る構造式を答えなさい。

第4問 アニリンに関する次の文章を読んで、以下の問い（問1～問7）に答えなさい。

以下の①～③の実験によってアニリンを得た。

- ① 試験管にニトロベンゼンとスズを取り、よく振り混ぜながら濃塩酸を加えた後に60℃の湯浴で熱する。
- ② 実験①で得られた溶液をビーカーに移し、リトマス紙が（ア）色から（イ）色になるまで水酸化ナトリウム水溶液を少しずつ加えて混ぜる。
- ③ 実験②で得られた溶液にジエチルエーテルを少量加え、分液漏斗に入れてよく振り混ぜ、二層に分離してアニリンを得る。

アニリンは、（ウ）されやすい物質であり、空气中に放置すると（エ）色から（オ）色に変わる。また、さらし粉溶液を加えると（カ）色を呈する。アニリンに無水酢酸を作用させアセチル化すると、（キ）が生成する。（キ）分子にはアミド結合が存在する。アミド結合をもつ化合物には、ナイロンなどの合成繊維がある。ナイロン66（6,6-ナイロン）は（ク）と（ケ）を縮合重合させると得られる。

問1 （ア）～（ケ）に入る適切な語句を答えなさい。

問2 実験①の反応終了をみきわめるポイントを答えなさい。また、ニトロベンゼンを用いる際の注意点を答えなさい。

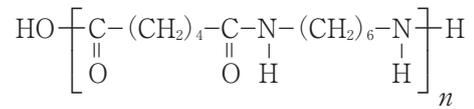
問3 実験①の反応においてニトロベンゼンを21.6 g 使用し、十分量のスズと濃塩酸が反応溶液中に存在している場合、得られる塩化スズは何 g になるか、有効数字3桁で答えなさい。解答欄には数値のみ記入しなさい。

問4 実験②の化学反応式を答えなさい。

問5 実験③によってアニリンは上層と下層のどちらに抽出されるか答えなさい。また、ジエチルエーテルのどのような性質を利用して分離しているか答えなさい。

問6 下線部についてナイロン66の平均分子量を 3.9×10^4 とすると、1分子中に含まれるアミド結合は平均いくつか、有効数字2桁で答えなさい。解答欄には数値のみ記入しなさい。

ナイロン66の構造式は次のとおりである。



問7 ナイロン66と同じ結合によって重合しているものを下の①～⑦から2つ選び、番号で答えなさい。

- ① ペプチダーゼ
- ② ポリプロピレン
- ③ デンプン
- ④ ポリエチレン
- ⑤ インスリン
- ⑥ グリコーゲン
- ⑦ ポリエチレンテレフタラート